

中央精簡科技系列

# 電子計算機學

## 原理及題解

侯培南 譯著

FRANCIS SCHEID 原著

**THEORY AND PROBLEMS**  
OF  
**Introduction to**  
**COMPUTER SCIENCE**

中央圖書出版社出版

中央精簡科技系列

# 電子計算機學

## 原理及題解

侯培南 譯著

FRANCIS SCHEID 原著

**THEORY AND PROBLEMS**  
OF  
**Introduction to**  
**COMPUTER SCIENCE**

中央圖書出版社出版

學機算計子電  
(COMPUTER SCIENCE)

究必印翻◆有所權版  
整元拾玖幣台新價實

行政院新聞局出版事業登記證  
局版台業字第〇九二〇號

原作者：FRANCIS SCHEID

編譯者：侯培南

校訂者：崔

發行者：林在承

出版者：中央圖書出版社

發行所：中央圖書供應社

台北市重慶南路一段一四一號

台北市重慶南路一段一四一號

電話：三三一五七二六

郵政劃撥帳戶：九一四號

聯和印製廠有限公司

印刷所：聯和印製廠有限公司

中華民國六十七年三月初版

編號：2556

# 原序

近年來電子計算機已廣泛應用於科技、國防、工商業各方面，不論是數字運算或資料處理與分析，速度快至令人不可思議，將人類文明帶入了一個新的境界。計算機由硬體（Hardware）與軟體（Software）兩大部份發揮其高度性能。硬體包含電路、記憶裝置、讀入及寫出裝置。本書第一至第四章即是對這方面作基本觀念的介紹，但並沒有詳盡的解釋。計算機的軟體是指程式計劃（Programming），這一部份是在本書第五至十四章中討論。本書按照上述分成兩部分，彼此完全獨立。所以，本書可提供不同的需要者所閱讀。

1. 程式計劃的扼要研究可以第七及第八章為基礎，視需要再閱讀以後各章。

2. 程式計劃的較詳細研究須包括第七至十四章全部。但對較長的程式計劃例題並不一定要詳細閱讀。有些如第十一章之編排課程表的程式及第十四章之下棋的程式，如因時間所限，可以省去而不會影響到連貫性。第五章很重要不能省略。

3. 對電子計算機的一般認識必須閱讀全書。但對較長的程式計劃之例題則可酌量取捨。例如，第三章中只要選讀幾個例題，又第四章從習題4.22或者4.36以後可以酌量省略。

本書為本社所出版中央精簡系列科技叢書之一，每一章列述綱要及習題詳解，以建立讀者對計算機學的清晰觀念。內容深入而淺出，可供大專、高工、高職有關科系之同學及有關人士自修，參加考試或參考之用。

編者識

中華民國六十六年三月

# 目 錄

序	
第 一 章	資訊處理 ..... 1
第 二 章	布耳代數 ..... 13
第 三 章	特殊用途的布耳機器 ..... 31
第 四 章	計算機設計 ..... 57
第 五 章	機器語言 ..... 103
第 六 章	程式語言 ..... 121
第 七 章	福傳簡介 ..... 129
第 八 章	行 列 ..... 163
第 九 章	分類整理 ..... 185
第 十 章	分 類 ..... 199
第 十 一 章	定 序 ..... 211
第 十 二 章	副程式 ..... 225
第 十 三 章	邏輯計算 ..... 251
第 十 四 章	思想、學習及才智 ..... 269
附 錄 一	福傳進階 ..... 285
附 錄 二	儲存副程式 ..... 293
補 充 題	解 答 ..... 295

# 第一章 資訊處理

計算機科學包括資訊處理裝置的發展和使用。資訊 (Information) 以一種形式提交給裝置，而要求呈現出另一種更有用的形式；前者稱為輸入資訊 (Input information) 是此項處理的原料；後者稱為輸出資訊 (Output information) 就如最後的成品。(圖 1-1)

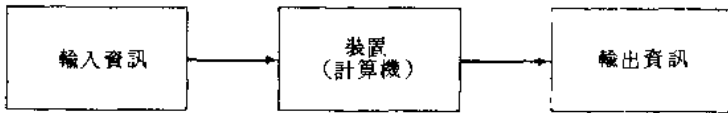


圖 1-1

資訊不容易精確的下定義，多少與觀念和意義相關聯，能於訊號源之間通信 (Communication) 並被處理或轉換成不同的形式。資訊可能以不同的語言來呈現，這是它的困難之一。除非能了解它使用的語言，否則它將毫無意義或“非資訊”。

處理資訊時必須用到好幾種語言，有一些是專為計算機使用而特殊設計的。既然計算機能了解語言，表示它也有某方面的智慧，至少它已能接受並處理資訊，而此項處理過程有時且被稱為思考 (Thinking)。

機器將來擴展的潛力及其與人類的關係，將使我們達到一個超乎一般水準的目標。今日，我們大部份時間與精力都耗費於計算機科學較簡單的應用方面，但有時想想它的未來趨勢將會如何的出乎意料之外，也是很有趣的。

## 例 1.1.

$12 \times 43$  等於多少？將這個問題當作此例題的輸入資訊。國民小學學生很快就能得到答案，我們不妨把他們當做處理此輸入資訊的裝置；其過程可能如下：

$$\begin{array}{r} 12 \\ 43 \\ \hline 36 \\ 48 \\ \hline 516 \end{array}$$

516 就是輸出資訊。當然有許多解答的方法，而這是計算機科學的典型。例如：把 43 加 12 次得到 516；另一個方法將其中的一個因數加倍而另一個因數減半，不管餘數直到一個 1 出現為止。

12	43	✓	12	43	
6	86	✓	24	21	
3	172	✓	48	10	
1	344	✓	96	5	
			192	2	
			✓	384	1

有餘數發生時的加倍數（有 ✓ 記號的）加在一起得 516。以上任何一方法都可用圖 1-2 表示出來。值得注意的是，如果某人對十進制或十進程序的計算並不熟悉的話則例題中的任何資訊對他而言都毫無意義。

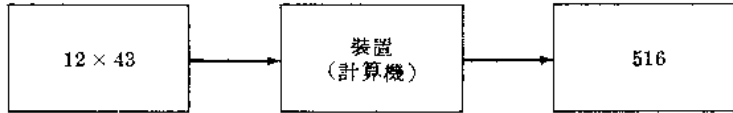


圖 1-2

例 1.2.

「把 JOHN, JOAN, JILL, JACK, FRED 五個名字按照英文字母順序排列。」

以上五個名字是此例題的輸入資訊，對任何熟悉上列字母（或語言）的人或裝置而言，處理它並獲得輸出資訊將毫無困難。

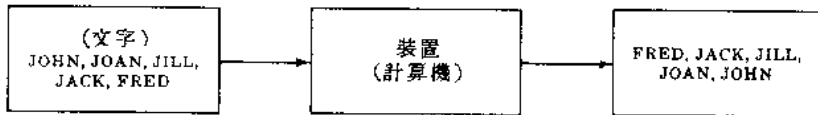


圖 1-3

例 1.3.

「找出 43, 12, 47, 31, 44, 25, 46, 39 中最大的數字。」用眼就可看出 47 最大，祇不過用目視比較就可分出大小。如果想在幾千個數目中找到一個最大的數字則可想像到用眼看一定比不過用裝置來判斷，但在這裡只有幾個數目用眼看就行。因此一部計算機只要熟悉十進位語言且了解最大數字的意義就能勝任此項資訊處理。圖 1-4 概略說明此資訊的流程。

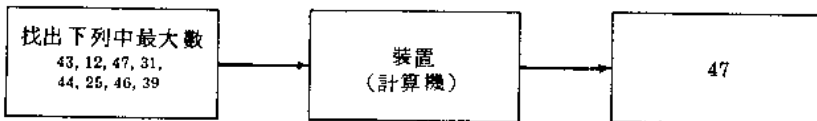


圖 1-4

計算機的功用是一種處理資訊的電子裝置，除了極少數最基本的觀念外，並不需要太多的電學的知識來了解計算機。譬如說，只知道一根導線可能某時有電流而另一些時候無電流，有電流時稱為「熱態」，無電流時稱為「冷態」。而這兩種很容易區別的電子狀態用來代表資訊型式，能很快的被電子機器所認識。這本書一開始就要使我們了解這兩種狀態的利用，以檢查人與機器之間如何共同了解這資訊處理的結果。換句話說就是要瞧瞧機器如何思考。而本書僅作一般介紹，將不涉及精密的電的細部方面。

機器語言的基礎是建立於「熱態」(Hot)與「冷態」(Cold)之上而非十進位數字或字母(組)。例如：若連續開關電流來變更一根導線上的熱態或冷態，則可記錄此線的感受如1010101，1代表熱態，0代表冷態。電線本身可感覺到實際電流脈衝，並不需要符號。順序0000011代表五個冷態隨後兩個熱態。此種順序使我們與機器之間開始有個共同瞭解的語言。

首先要談的是「或」開電路(OR circuit)，這是個很簡單却非常有用的電子裝置。如圖1-5所示，它在兩個接點接受資訊輸入，却在一個接點輸出資訊。它的功能簡述如此，僅當二輸入端均為冷態時輸出才是冷態(0)。如圖中兩個四位值的順序所示；所有不同的組合00，01，10，11，只有00時才在輸出端出現(0)，要注意的是，時間因素很重要，每個輸入對偶一定要同時被「或」開所接收，且「或」開要來得及在下一次對偶輸入前產生其正確的輸出值。

「或」開可視為第一個電子資訊處理裝置，或可說是第一個計算機。

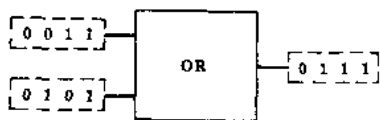


圖 1-5

例 1.4.

如圖1-6所示一個「或」開電路處理七位值的順序；輸出順序為1010111。與圖1-1比較可看到處理資訊的形式完全一樣，而機器與我們都會一致同意輸出只有兩個位置為冷態。

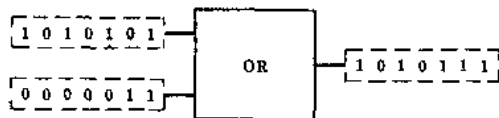


圖 1-6



## 例 1.5.

圖 1-7 所示一舊式「或」開電路（為一並聯開關）。電源要從兩個打開的開關中任何一個傳送電流到輸出端，而任一開關只要其輸入端為熱態，就可激勵相關的電磁圈而使開關接通。且只有當輸入端均為冷態時電流才不流通。較新式的「或」開關用真空管、電晶體或其他裝置製成。

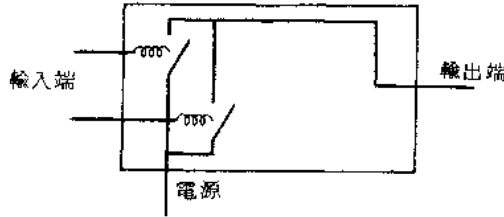


圖 1-7. 「或」開電路

「及」開電路（AND circuit）是另一簡單有用的電子裝置或計算機。和「或」開一樣，兩端輸入而一端輸出。其功能可簡述為：只有當兩輸入端均為熱態時它才輸出熱態。這也可由圖 1-8 所示包括所有可能的輸入組合的順序來看。只有 1, 1 組合產生熱態輸出 1。「及」開是第二個電子資訊處理裝置。



圖 1-8

## 例 1.6.

圖 1-9 所示「及」開電路，處理與例 1.4 相同的兩個輸入順序。輸出順序為 000001。機器與我們都得到相同的結果。二接點同時為熱態輸入只在最後一個位置。

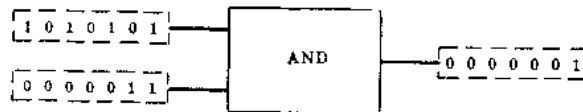


圖 1-9

## 例 1.7.

圖 1-10 所示為舊式「及」開電路（為一串聯開關）。和例 1.5 相似，電源要傳送電流到輸出端，而只有當兩個開關均接通時才行，故只有兩個輸入接點均為熱態時才有電流通過而得到熱態輸出。

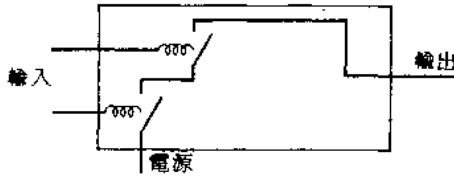


圖 1-10. 「及」開電路

「或」開和「及」開的傳統命名乃根據事實而來，因前者的熱態輸出發生於任一輸入接點或兩接點均為熱態都可，而後者的熱態輸出却是二個輸入接點必須同為熱態才行。

這些電路在第三章中有極重要的邏輯應用；且經證明為處理算術與其他問題等複雜機器中最基本的電路。

另一在複雜裝置中應用很廣的電路為「反」開電路 (NOT circuit) 此電路一接點為輸入，另一接點為輸出，且兩接點永遠是相反的狀態。如圖 1-11 所示，輸入為 0 1 順序而輸出却被處理成 1 0。「反」開的命名也是根據它本身的特性而來，即當輸入為「反」時輸出一定為熱態，相反地也是一樣。在設計更複雜的裝置時，此種電路常常與「或」和「及」包括在一起。



圖 1-11



圖 1-12

例 1-8.

圖 1-12 所示為一個「反」開電路，處理如例 1.6 相同的輸入。雖然這是個很基本的資訊處理；但重點是此電子電路知道它本身是幹什麼的，而所使用的語言是此種裝置所能了解與處理的。此外，我們再一次的同意機器處理的結果且雙方都瞭解處理所包括的資訊的意義。要想獲得人與機器間更多更多的了解這就是計算機科學所負的最大任務。

例 1.9.

圖 1-13 所示為一舊式「反」開電路。圖中假定開關在正常時為閉合。輸入接點為熱態時將使電磁圈激勵，拉起開關而成斷開，使輸出端為冷態。故這兩端隨時均為相反的值，正是我們所需要的反開電路。

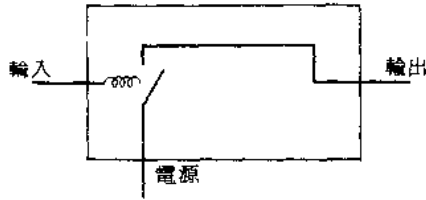


圖 1-13. 「反」開電路

## 習題詳解

1.1. 已知輸入資訊為「找出  $144 \div 17$  的餘數」，試問正確的輸出資訊為何？

解：用除法立即可得出餘數為 8。除了十進位符號與除法的知識外，必須了解在輸入資訊中所用的「字組」，否則將不知如何著手。

1.2. 已知輸入資訊為「10 與 50 之間有多少個質數」試問正確的輸出資訊為何？

解：11 個。和前題一樣；對資訊處理的機器或人來說他必須了解數字和字的語言。

1.3. 輸入資訊為「將 II, VII, XI, IV, VI, 由小至大順序排列」。試問正確的輸出資訊為何？

解：只要認識羅馬數字就能很容易的排出 II; IV, VI, VII, XI。

1.4. 輸入資訊為「一次換一個字母，分三次把 CAT 改成 TIN」每個步驟都要產生一個英文單字」。試問正確的輸出是什麼？

解：CAN, TAN, TIN，是解答之一。這一題需要記得英文單字來決定可否接受這個步驟。例如 TAT, TIT, TIN 或 CIT, CIN, TIN 可否接受？這一類問題對人來說並不難，但對電子機器來說就相當困難了。

1.5. 輸入資訊為「從 FOWL, SCOWL, HOWL, POLL 中找出與 BOWL 母音發音相同的單字來。」正確的輸出為何？

解：POLL。同樣的這問題對了解拼字的人來說是簡單，但對電子機器則相當困難。

1.6. 已知以下列各順序對作為輸入，試問由「或」開電路所得輸出資訊為何？

- (a) 00001111      (b) 01010      (c) 0011  
 00111100      10101      0101

解：按照以前所講的，祇有輸入同時均為冷態對時，才為冷態即(0)輸出，因此答案如下：

- (a) 00111111      (b) 11111      (c) 0111

此題計算很簡單，但重點是我們與「或」開電路站在同一立場做同樣的資訊處理。

1.7. 上題如用「及」開電路則結果為何？

解：按照以前所講的，祇有輸入同時均為熱態對時才有輸出，因此答案如下：

- (a) 00001100      (b) 00000      (c) 0001

計算仍然是不太重要；重要的是人與機器之間建立的關係。雖然目前關係不太密切但至少我們已有了開始。

1.8. 如以上題的輸出當做一「反」開的輸入，試問其輸出資訊為何？

解：按照值的反置，預測機器的答案為，

- (a) 11110011      (b) 11111      (c) 1110

1.9. 如圖 1-14 所示為由「及」開和「反」開所組成的電路(或計算機)， $A$ 與 $B$ 為原始輸入順序， $C$ 為「及」開的輸出順序且為「反」開的輸入， $D$ 為最後的輸出。如果 $A$ 與 $B$ 輸入順序各為00001111與00111100，則 $C$ 與 $D$ 的輸出為何？

解：如1.7題中， $C$ 為00001100而1.8題中 $D$ 為11110011；這個機器組合了1.7及1.8題的電路而被稱為「反及」開電路(NAND CIRCUIT)。

1.10. 如 $A$ 與 $B$ 各為順序1010與10101，試問前題的 $C$ 與 $D$ 為何？

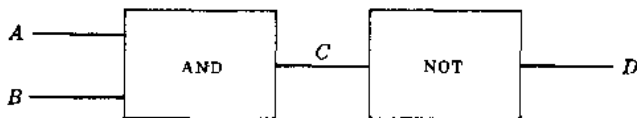


圖 1-14 「反及」開電路

解： $C$ 為如題1.7中的00000而 $D$ 為如題1.8中的11111。

1.11. 如 $A$ 與 $B$ 各為順序0011與0101，試問圖1-14中「反及」開的輸出 $D$ 為何？

解：1110，如 1.7 1.8 題所示。這輸入順序對特別重要，此在圖 1-5 及 1-8 的「或」和「反及」開電路連接中已提到過，它呈現了四個可能的輸入組合 00,01,10,11 而因此「反及」開電路的運算均可被此順序對的輸出完全描述出來。（參看圖 1-15）

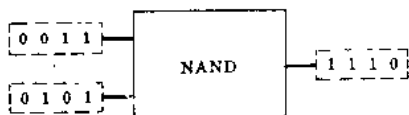


圖 1-15

- 1.12. 如圖 1-16 所示為一「反或」開電路 (NOR circuit) 如輸入  $A$ ,  $B$  各為 0011 與 0101, 試問最後輸出順序為何?



圖 1-16. 「反或」開電路

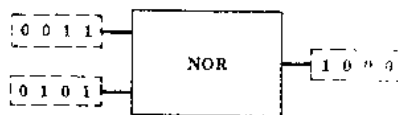


圖 1-17

解：如同 1.6 題「或」開輸出為 0111, 所以最後輸出為 1000, 如圖 1-17 所示。

- 1.13. 圖 1-18 由兩「反開」與一「或」開電路所組成, 如  $A$ ,  $B$  各為 0011 與 0101, 試問最後輸出順序為何?

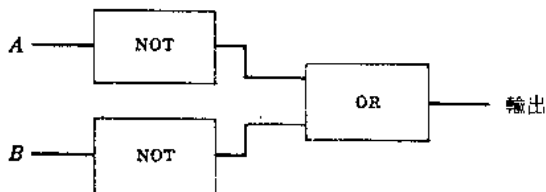


圖 1-18

解：兩個「反」開電路輸出各為 1100 與 1010。所以最後輸出為 1110。這與第 1.11 題, 圖 1-14 的「反及」開輸出相同。且因所使用的  $A$  與  $B$ , 對各電路而言, 僅包括可能的輸入組合, 所以對相同的輸入此兩機器均會有相同的輸出。此等機器均稱為等值的機器。

- 1.14. 如與「反或」開相同的  $A$  與  $B$  輸入, 試證圖 1-19 的電路將產生相同的輸出資訊。

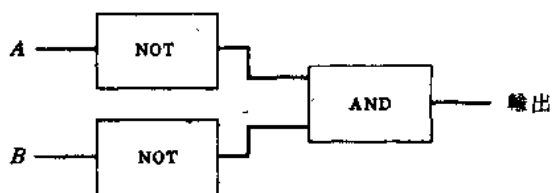


圖 1-19

解：只要比較當A與B各為0011,0101時兩電路的輸出是否相同就已足夠。因為此A與B包含了所有可能的輸入資訊組合。此題中兩個「反」開輸出各為1100與1010，因此經過「及」開最後輸出為1000此與圖1-17的「反或」的輸出相符。

1.15. 說明圖 1-20 電路的輸出。

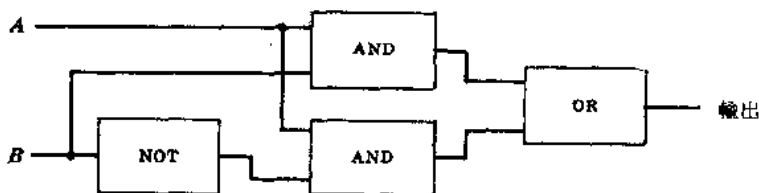


圖 1-20

解：(圖中黑點代表相連，交叉而無黑點者不相連)

取A為0011及B為0101，則「反」開輸出為1010，而此兩「及」開輸出為0001與0010。由於此兩順序為「或」開的輸入，所以最後輸出為0011但此結果竟與順序A相同，表示本機器並無處理任何有意義的資訊。其輸出資訊只是原始輸入之一而已。浪費勞力本是很平常的事，但要認清與儘量避免這種事情的發生才對，我們也將儘可能避免像圖1-20的機器設計。

1.16. 說明圖 1-21 電路的輸出。

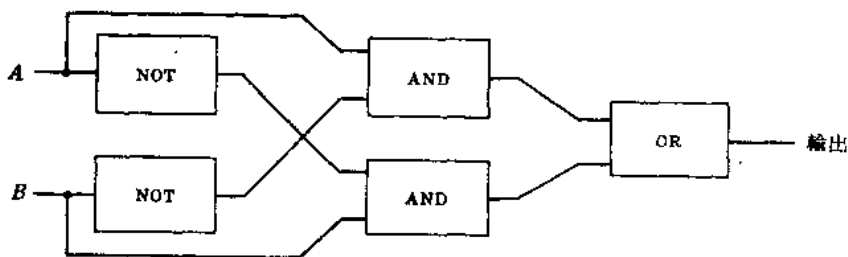


圖 1-21

解：此電路表面上看起來與圖 1-20 的無用電路類似；其實可證明這是個非常有用的電路。設 A 為 0011 及 B 為 0101 已概括所有的可能輸入組合，則此兩「反」開輸出為 1100 與 1010。而兩「及」開輸出為 0010 與 0100；因此經過「或」開的最後輸出為 0110。注意，當兩輸入不同時，輸出為熱態（1）；而兩輸入相同時輸出却為冷態（0）。

這電路指示，當二輸入相同時則輸出為熱態（1），而當二輸入不同時則輸出為冷態（0）。此種電路有時稱為比較器電路（Comparator circuit）；因它比較兩輸入值且僅顯示出它們是否相同。圖 1-22 簡略表示此比較器的運算。

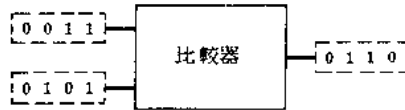


圖 1-22

## 補 充 題

- 1.17. 已知輸入資訊為「 $(10 + 3)(5 + 7)$ 」，試問正確輸出資訊為何？
- 1.18. 已知輸入資訊為「找出 1365 的最大因數（1365 不算）」，試問正確輸出資訊為何？
- 1.19. 如圖 1-23 所示的路程只能向東或向北走，而從 A 到 B 點的路程有六段長，試問有多少不同的走法？把此當做輸入資訊則正確的輸出資訊為何？

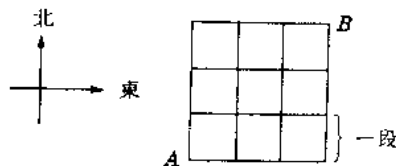


圖 1-23

- 1.20. 已知輸入資訊為「將 CAT 按六種可能的英文字母組排列。」試問正確的輸出資訊為何？
- 1.21. 以下列順序對作為輸入，試問「及」開電路將有何輸出資訊？
- |            |           |          |
|------------|-----------|----------|
| (a) 010101 | (b) 01110 | (c) 0011 |
| 110011     | 11011     | 1100     |

1.22. 上題如為「或」閘電路，試問輸出資訊為何？

1.23. 如以上題輸出作為一「反」閘電路的輸入，則其輸出資訊為何？

1.24. 圖 1-24 表示四種簡單的「及」閘與「反」閘組合。其中圖 C 已表明標準輸入 A 及 B (0011 與 0101) 的響應，其輸出資訊為 0100。試將其餘輸出填入空格內，表示每一機器祇對四種可能輸入組合之一供給熱態輸出，但它們之間已概括四種情況。

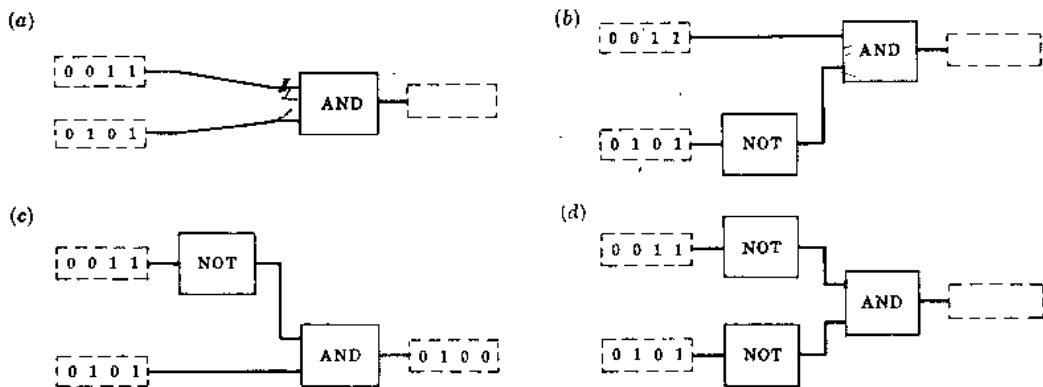


圖 1-24

1.25. 圖 1-21 的比較器電路使用上題中兩個電路形成通道將輸出資訊加入「或」閘電路。試問使用那兩個電路？

1.26. 圖 1-25 的電路亦使用圖 1-24 中的兩個電路，如以 0011 與 0101 作為輸入順序。試問最後輸出資訊為何？

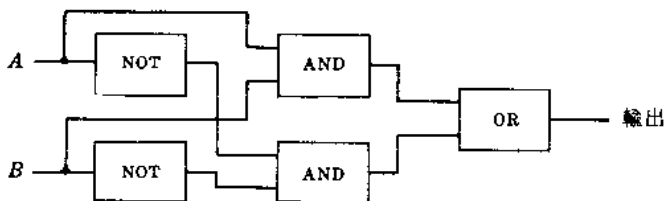


圖 1-25

1.27. 圖 1-26 對資訊處理毫無用處，試解釋之。

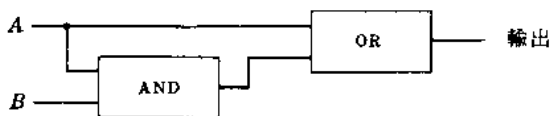


圖 1-26



1.28. 試證圖 1-27 電路常與圖 1-21 的比較器電路得出相同的輸出資訊。可用通常的輸入順序，A 為 0011 與 B 為 0101 來求每一機器的性能。

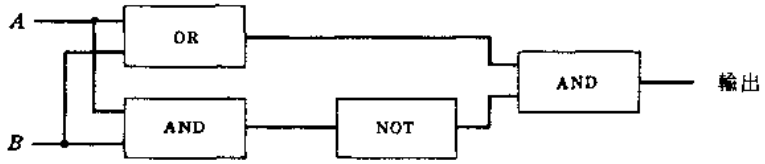


圖 1-27

1.29. 證明圖 1-28 的電路與比較器電路一樣也有相同的輸出資訊。

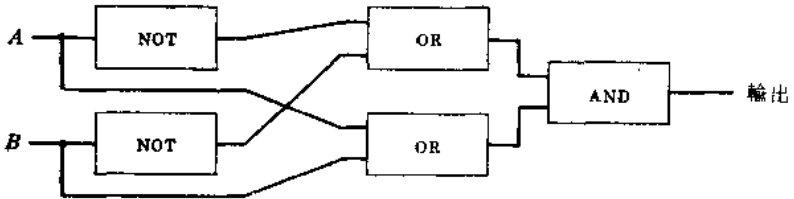


圖 1-28

1.30. 為何圖 1-29 與圖 1-30 的電路均非有用的資訊處理器。

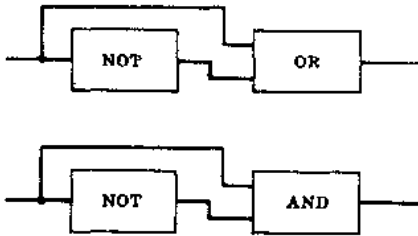


圖 1-29

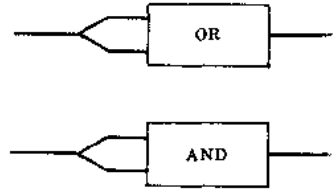


圖 1-30